

♦ ♦ ♦ ♦ ♦

"DTIC USERS ONLY"

TNO-rapport  
PML 1998-B115

**Dreigingsanalyse opvolger F-16, fase 1:  
dreigingsinventarisatie**

TNO Prins Maurits Laboratorium

Lange Kleiweg 137  
Postbus 45  
2280 AA Rijswijk

Telefoon 015 284 28 42  
Fax 015 284 39 59

Datum  
februari 1999

Auteur(s)  
Ir. P.W. Doup

**DISTRIBUTION STATEMENT A**  
Approved for Public Release  
Distribution Unlimited

Rubricering  
Vastgesteld door : Ir. Z.C. Verheij  
Vastgesteld d.d. : 9 december 1998  
(deze rubricering wijzigt niet)

Titel : Ongerubriceerd  
Managementuitreksel : Ongerubriceerd  
Samenvatting : Ongerubriceerd  
Rapporttekst : Ongerubriceerd

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar  
gemaakt door middel van druk, foto-  
kopie, microfilm of op welke andere  
wijze dan ook, zonder voorafgaande  
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor Onder-  
zoekopdrachten aan TNO, dan wel  
de betreffende terzake tussen de  
partijen gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het  
TNO-rapport aan direct belang-  
hebbenden is toegestaan.

Exemplaar nr. : 12  
Oplage : 31  
Aantal pagina's : 18 (excl. RDP & distributielijst)  
Aantal bijlagen : -

© 1999 TNO

TNO Prins Maurits Laboratorium is onderdeel  
van de hoofdgroep TNO Defensieonderzoek  
waartoe verder behoren:

TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium  
TNO Technische Menskunde



19990420 061

QUALITY INSPECTED

AA 99-07-1331

Nederlandse Organisatie voor toegepast-  
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Aan de ontvangers van het TNO-rapport PML 1998-B115

Doorkiesnummer  
015 284 35 60  
Faxnummer  
015 284 39 59  
Datum  
16 februari 1999  
Nummer  
99D3/0108a  
Rubricering  
Ongerubriceerd

Hierbij doen wij u rapport PML 1998-B115 met de titel 'Dreigingsanalyse opvolger F-16, fase 1: dreigingsevaluatie' toekomen. Het onderzoek is uitgevoerd door Ir. P.W. Doup onder opdrachtnummer B98KLu479.

Het rapport bevat de uitkomsten van een kortstondige literatuurstudie waarbij is gekeken naar de mogelijke toekomstige dreigingen die een vliegtuig als de opvolger van de F-16 kan tegenkomen. De dreigingen zijn over een aantal niveau's verdeeld, beginnend vanaf de mogelijkheid te worden gedetecteerd tot en met de mogelijke gevolgen indien het vliegtuig wordt getroffen.

Doel van deze dreigingsinventarisatie is te komen tot een prioriteitsstelling van de dreigingen, opdat onderzoek kan worden gestart hoe tegen deze dreigingen het best weerstand kan worden geboden.

Mocht u nog verdere vragen willen stellen, dan kunt u contact opnemen met dhr. Doup. Het doorkiesnummer is aan de bovenzijde van de brief vermeld.



Ir. M. van Zelm,

Directeur Programma.

## Managementuittreksel

Titel : Dreigingsanalyse opvolger F-16, fase 1: dreigingsinventarisatie  
Auteur(s) : Ir. P.W. Doup  
Datum : februari 1999  
Opdrachtnr. : B98KLu479  
Rapportnr. : PML 1998-B115

De Koninklijke Luchtmacht verricht momenteel studies naar potentiële kandidaten die rond het jaar 2015 als opvolger kunnen dienen voor het F-16 gevechtsvliegtuig. Binnen dat kader is TNO Prins Maurits Laboratorium (TNO-PML) gevraagd een voorstudie te doen naar mogelijke dreigingen die rond de tijd van invoering een gevaar kunnen vormen voor het nieuwe vliegtuig. Deze voorstudie, genaamd 'Dreigingsevaluatie opvolger F-16, fase 1', omvat het inventariseren van de dreigingen. Hierbij wordt noch ingegaan op een diepgaande analyse van de dreigingen, noch worden oplossingsmethoden aangegeven die deze dreigingen zouden kunnen neutraliseren. Dat deel van de dreigingsevaluatie zal geschieden tijdens fase 2, waarin de dreigingen op prioriteit zullen worden geselecteerd en de onderzoeksinstituten zullen worden benaderd om de diverse dreigingen nader te analyseren. Via een literatuurstudie en bijdragen van experts zijn dreigingen geïnventariseerd die op de volgende niveau's tijdens een vlucht kunnen optreden:

- kans om te worden gedetecteerd;
- kans om te worden aangevallen;
- kans om te worden geraakt;
- kans om te worden uitgeschakeld.

De inventarisatie pretendeert niet volledig te zijn, maar dient als leidraad voor een vervolgfase waarin de dreigingen nader worden geanalyseerd.

## **Samenvatting**

De opvolger van het F-16 gevechtsvliegtuig zal door middel van 'Low Observable'- technieken een sterk gereduceerde signatuur voor vijandelijke wapensystemen hebben. Dit betekent echter nog niet dat het vliegtuig onkwetsbaar is. Er blijven altijd mogelijkheden over om het vliegtuig te detecteren en vervolgens aan te vallen, te raken en uit te schakelen.

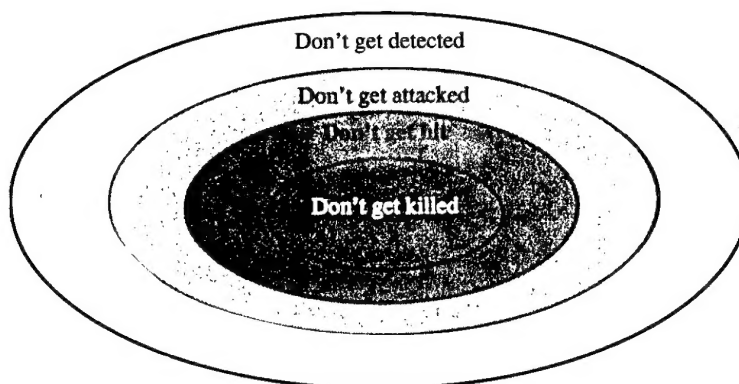
Dit rapport geeft aan de hand van een uitgevoerd literatuuronderzoek en bijdragen van experts een inventarisatie van de dreigingen die in de toekomst kunnen worden verwacht om het vliegtuig alsnog uit te schakelen. De dreigingen zelf worden in dit rapport niet nader geanalyseerd.

## Inhoud

|  |    |
|--|----|
| Managementuittreksel .....                             | 2  |
| Samenvatting .....                                     | 3  |
| 1      Inleiding .....                                 | 5  |
| 2      'Don't get detected' .....                      | 6  |
| 2.1      'Bistatic' radars .....                       | 6  |
| 2.2      'Ultra-Wideband'-radars .....                 | 6  |
| 2.3      Millimetergolfsensoren .....                  | 7  |
| 2.4      Ultraviolet sensoren .....                    | 7  |
| 2.5      Observatie vanuit de lucht of de ruimte ..... | 7  |
| 3      'Don't get attacked' .....                      | 9  |
| 3.1      'Soft-kill'-systemen' .....                   | 9  |
| 3.2      'Hard-kill'-systemen .....                    | 9  |
| 4      'Don't get hit' .....                           | 11 |
| 4.1      'Soft-kill'-systemen .....                    | 11 |
| 4.2      Manoeuvrerbaarheid .....                      | 11 |
| 5      'Don't get killed' .....                        | 12 |
| 6      Overige factoren .....                          | 13 |
| 7      Conclusies .....                                | 14 |
| 8      Geraadpleegde literatuur .....                  | 16 |
| 9      Ondertekening .....                             | 19 |

## 1 Inleiding

De Koninklijke Luchtmacht verricht momenteel studies naar potentiële kandidaten die rond het jaar 2015 als opvolger kunnen dienen voor het F-16 gevechtsvliegtuig. Binnen dat kader is TNO Prins Maurits Laboratorium (TNO-PML) gevraagd een voorstudie te doen naar mogelijke dreigingen die rond de tijd van invoering een gevaar kunnen vormen voor het nieuwe vliegtuig. Deze voorstudie, genaamd 'Dreigingsevaluatie opvolger F-16, fase 1', omvat het inventariseren van de dreigingen. Hierbij wordt noch ingegaan op een diepgaande analyse van de dreigingen, noch worden oplossingsmethoden aangegeven die deze dreigingen zouden kunnen neutraliseren. Dat deel van de dreigingsevaluatie zal geschieden tijdens fase 2, waarin de dreigingen op prioriteit zullen worden geselecteerd en de onderzoeksinstituten zullen worden benaderd om de diverse dreigingen nader te analyseren. Verder wordt verondersteld dat thans operationeel zijnde dreigingen genoegzaam bekend zijn en dat er bij het ontwerp van het nieuwe vliegtuig voldoende rekening mee wordt gehouden om deze dreigingen zoveel mogelijk te weerstaan. De dreigingsniveaus zijn in vier categorieën onderverdeeld, zoals schematisch in onderstaande figuur weergegeven.



*Figuur 1: Spectrum van dreigingsniveau's.*

Per categorie wordt in de navolgende hoofdstukken aangegeven op welke wijze het vliegtuig kan worden bedreigd.

## 2 'Don't get detected'

De dreiging begint voor het vliegtuig op het moment dat het kan worden gedetecteerd. Detectiemogelijkheden variëren van akoestisch, via visueel, naar het infrarood en radargolf spectrumgebied. Bij thans operationele vliegtuigen zoals de F-117A en de B-2, is veel aandacht besteed aan het minimaliseren van detectiekanalen in deze gebieden, evenals bij de nog niet operationeel zijnde F-22. Uiterlijke vormgeving alsmede toepassing van nieuwe materialen, met name composieten, spelen hierbij een grote rol. Echter, minimaliseren van detectie betekent niet dat het vliegtuig geheel onzichtbaar is. Met name op het moment dat de aan boord zijnde wapens (missiles en/of bommen) moeten worden ingezet, dienen luiken te worden geopend, waardoor de signatuur van het vliegtuig plotseling een geheel ander karakter krijgt.

De mogelijkheden die open blijven om het vliegtuig alsnog te detecteren, kunnen als een toekomstige dreiging worden opgevat. Nieuwe detectietechnologieën kunnen vliegtuigen die thans 'onzichtbaar' zijn in de toekomst 'zichtbaar' maken. Hierna volgen enkele voorbeelden van dergelijke technologieën:

### 2.1 'Bistatic' radars

Uiterlijke vormgeving en radarabsorberende materialen kunnen zodanig worden geoptimaliseerd dat het aangestraalde vliegtuig geen tot minimale reflectie richting straler terugzendt. Echter, naar andere richtingen kan nog genoeg straling worden gereflecteerd die, indien daar ontvangers zijn geplaatst, kan worden opgevangen. Wanneer het slechts één enkele ontvanger betreft spreekt men over 'bistatic' radars, in geval van meerdere, verspreide ontvangers betreft het een 'multistatic' radarsysteem.

Straler en ontvanger(s) kunnen dusdanig ver uit elkaar geplaatst worden dat 'over-the-horizon' ontvangst mogelijk is. Via een netwerk tussen straler, ontvanger(s) en commandopost(en), kan het vliegtuig worden gedetecteerd en gevolgd.

### 2.2 'Ultra-Wideband'-radars

De thans toegepaste technologieën om het vliegtuig 'onzichtbaar' te maken voor radar zijn in het algemeen werkzaam binnen een zeker frequentiegebied. Zogeheten 'Ultra-Wideband'-radars zijn gebaseerd op het uitzenden van korte pulsen met een zeer groot aantal frequenties in elke puls, variërend van lage frequenties tot het gigahertzbereik. Hiermee wordt het mogelijk om het vliegtuig aan te stralen met frequenties die niet voldoende door het vliegtuig kunnen worden geabsorbeerd, zodat richting straler reflectie optreedt, die met behulp van daar aanwezige ontvangers kan worden gedetecteerd.

### 2.3 Millimetergolfsensoren

Verdere ontwikkeling van actieve en passieve millimetergolfsensoren kunnen in de toekomst een bedreiging vormen voor laag vliegende vliegtuigen, vanwege hun zeer nauwe bundelbreedte en hoog resolutievermogen.

### 2.4 Ultraviolet sensoren

Daar waar infrarood sensoren hun beperkingen hebben om detectie door middel van uitgestraalde warmte te plegen, kunnen deze beperkingen wellicht (deels) worden opgeheven indien gebruik wordt gemaakt van ultraviolet sensoren.

### 2.5 Observatie vanuit de lucht of de ruimte

Signatuuronderdrukking van het vliegtuig is momenteel gebaseerd op detectie vanaf de grond. In de toekomst dient rekening te worden gehouden met stralers en/of detectoren in de lucht die, al dan niet in combinatie met sensoren op de grond, detectie van het vliegtuig mogelijk maken.

Ontwikkelingen op het gebied van 'MicroElectroMechanical Systems' (MEMS) maken het mogelijk dat toekomstige sensoren kunnen worden geïntegreerd in de huidpanelen van bijvoorbeeld de romp of de vleugels van vliegende observatiesystemen waarmee een gezichtsveld van 360 graden kan worden verkregen. Dit geldt met name wanneer de sensoren worden geïntegreerd in de constructies van onbemande luchtvoertuigen die, vanwege het ontbreken van de aan boord zijnde piloot, veel wendbaarder kunnen opereren omdat het aantal toelaatbare g's door de constructie wordt bepaald en niet door het lichaam van de piloot.

De toepassing van nieuwe elektronische technologieën kunnen er ook toe bijdragen dat gevechtsvliegtuigen zichtbaar worden door de signalen die ze zelf uitzenden. Hieronder volgen enkele voorbeelden van deze technologieën.

#### 'C3I Datalinks'

Afhankelijkheid van externe informatie kan een bedreiging vormen voor een modern gevechtsvliegtuig. Externe informatie kan onder andere worden gebruikt voor het verkrijgen en up-to-date houden van een 'situational awareness'. Hierbij wordt informatie tussen platformen uitgewisseld via radiogolf datalinks. De detectiekans door vijandelijke sensoren kan hierdoor aanzienlijk hoger komen te liggen.

#### 'Active Cancellation'

Tevens zijn er ontwikkelingen op het gebied van actieve uitdoving van uitgezonden radargolven door signalen met een verschil van een halve golflengte terug te zen-



den, genaamd 'Active Cancellation'. In deze vorm van actieve 'stealth' schuilt het gevaar dat een andere vijandelijke ontvanger juist afgaat op dit signaal.

### 3 'Don't get attacked'

Indien het vliegtuig alsnog wordt gedetecteerd, dient voorkomen te worden dat het wordt aangevallen. De aanval zal hoofdzakelijk uitgevoerd worden met wapens die op één of andere wijze naar het vliegtuig worden geleid. Indien het geleidingsmechanisme vroegtijdig wordt gestoord, kan worden voorkomen dat het wapen tegen het vliegtuig wordt ingezet. De verstoring kan geschieden met 'soft-kill'- of met 'hard-kill'-systemen.

In het eerste geval wordt getracht om het geleidingsmechanisme van het offensieve wapensysteem door middel van elektronische tegenmaatregelen zodanig te misleiden, verblinden of zelfs uit te schakelen, dat het niet meer weet waarop het zich moet richten. In het tweede geval worden letale systemen afgevuurd (bijvoorbeeld vanuit het vliegtuig) teneinde het geleidingsmechanisme uit te schakelen, waardoor het geheel onmogelijk wordt om het vliegtuig aan te vallen.

#### 3.1 'Soft-kill'-systemen

Indien het vliegtuig wordt aangestraald door een offensief wapensysteem, bestaan er mogelijkheden om via het uitwerpen van decoys of het storen van de straler het geleidingssysteem van het in te zetten wapensysteem dusdanig te misleiden, verblinden of uit te schakelen, dat er geen 'lock-on' op het vliegtuig kan worden verkregen. Echter, tegen iedere elektronische maatregel, 'Electronic Measure' (EM), worden elektronische tegenmaatregelen, 'Electronic Counter Measures' (ECM) ontworpen, waar weer elektronische tegen-tegenmaatregelen, 'Electronic Counter-Counter Measures' (ECCM), van toepassing kunnen zijn. Deze constant in beweging zijnde wedloop van maatregelen en tegenmaatregelen dient voortdurend te worden gevolgd, teneinde er zeker van te zijn dat de maatregelen die door het vliegtuig worden gebruikt om het geleidingssysteem van het offensieve wapensysteem te misleiden, niet door de tegenstander kunnen worden 'overruled' waardoor de tegenstander alsnog het vliegtuig kan aanvallen.

#### 3.2 'Hard-kill'-systemen

Een andere wijze om de aanstraler van het vijandelijke wapensysteem te bestrijden is door deze met 'anti-radiation missiles' aan te vallen. De vluchttijd van een dergelijk missile dient korter te zijn dan de vluchttijd die het vijandelijke wapensysteem nodig heeft om het vliegtuig te bereiken. Thans in ontwikkeling zijnde grondlucht-geleidewapens die met een snelheid van Mach 3-5 zullen vliegen, kunnen een dusdanige bedreiging vormen dat de momenteel operationeel zijnde anti-radiation missiles niet meer toereikend zijn.

In geval van een dreigende aanval vanuit de lucht, is het van belang om het vijandelijke, vliegende platform uit te schakelen voordat deze kans ziet om de aanval in

te zetten. Ook hier speelt zich een voortdurende wedloop af van wapensystemen die steeds verder kunnen 'kijken' en vliegen.

Ontwikkelingen op het gebied van ramjetaandrijving kunnen toekomstige lucht/lucht-missiles een dracht geven, die veel groter is (100+ km) dan thans haalbaar is. Dit betekent dat ook het eigen vliegtuig over wapens met een dergelijke dracht moet beschikken, teneinde het vijandelijke wapenplatform uit te kunnen schakelen.

## 4 'Don't get hit'

Mocht de tegenstander er toch in geslaagd zijn het vliegtuig aan te vallen, dan is het zaak om te voorkomen dat het wordt getroffen.

### 4.1 'Soft-kill'-systemen

Ook hier kunnen 'soft-kill'-systemen zoals reeds in paragraaf 3.1 genoemd als verdediging worden gebruikt. De bedoeling is om de sensor(en) van het vijandelijke wapensysteem tijdens de vlucht zodanig te misleiden dat het vliegtuig op een andere positie wordt 'gezien' dan waar het zich in werkelijkheid bevindt. Vanuit het vliegtuig moet dan wel kunnen worden waargenomen dat het wordt aangevallen. Deze waarneming kan weer van de zijde van de tegenstander worden bemoeilijkt via elektronische tegenmaatregelen.

Daarnaast zullen in de toekomst ook de vliegende wapensystemen zelf meer en meer signatuurreducerende eigenschappen krijgen via toepassing van andere materialen en uitwendige vormgeving die de kans op waarneming tijdens de vlucht doet verminderen. Ditzelfde geldt voor de signatuur van de verbrandingsgassen van raketmotoren. Toevoeging van nieuwe ingrediënten aan de stuwstof zal de zichtbaarheid van de rookpluim in het visuele en in het electro-optische spectrum aanzienlijk reduceren.

### 4.2 Manoeuvreerbaarheid

Een andere methode om de dreiging te ontwijken is gebruik te maken van de toenemende mogelijkheden waarmee met het vliegtuig kan worden gemanoeuvreed, zeker wanneer de motor niet alleen als een voortstuwingsbron, maar tevens als een besturingsmechanisme dient. Hierbij vormt echter het aantal g's dat de piloot kan verdragen de beperkende factor.

Daartegenover zullen toekomstige munities en wapensystemen steeds beter in staat zijn om ook tegen manoeuvrerende vliegtuigen te kunnen worden ingezet. Dit kan onder andere gebeuren via besturing met zogenaamde 'thrusters' die een korte reactietijd nodig hebben om het projectiel/missile van koers te doen veranderen. Tevens is het mogelijk het projectiel/missile van een dusdanige vorm van aandrijving te voorzien (ramjet), waardoor tijdens de vlucht geen tot nauwelijks snelheidsverlies optreedt en dus een hoge mate van manoeuvreerbaarheid blijft behouden, zeker indien aërodynamische besturing wordt gecombineerd met 'Trust Vector Control' (TVC). De zogenaamde 'no-escape zone' van het vliegtuig wordt hierdoor aanzienlijk vergroot. In dit geval dient ook te worden vermeld dat toekomstige lucht/lucht-missiles in staat zullen zijn om na lancering 180 graden te draaien.

## 5 'Don't get killed'

Mocht het uiteindelijk toch zover komen dat het vliegtuig wordt getroffen, dan is het zaak om de schade zodanig te beperken dat het vliegtuig niet wordt uitgeschakeld. In de eerste plaats kan dit gebeuren door toepassing van materialen die een hoge ballistische weerstand hebben. Dit kan echter in conflict zijn met de materialen die juist nodig zijn om het vliegtuig een verminderde signatuur te geven. Momenteel is nog niet bekend wat, na aanbrengen van schade, de reststerkte is van een vliegtuigconstructie die hoofdzakelijk uit composietmaterialen bestaat. Dit is van belang in verband met bijvoorbeeld het aantal g's dat het vliegtuig na schade nog kan opbrengen.

Toekomstige oorlogsladingen kunnen dusdanig worden ontstoken dat (bijna) alle scherven in één en dezelfde richting vliegen, zogenaamde richtbare ('aimable') oorlogsladingen. Combinatie van dergelijke oorlogsladingen met afbeeldende, infrarood zoekkoppen in het aanvallende wapen, die tevens genoeg onderscheidingsvermogen hebben om het wapen naar de meest kwetsbare locatie van het vliegtuig te geleiden, kunnen vanwege de zeer hoge scherfdichtheid het vliegtuig zeer ernstige schade toebrengen.

Een andere, toekomstige dreiging vormt de ontwikkeling van 'High Power Microwave' (smalbandig, hoogenergetische) en 'non-nuclear Electro-Magnetic Pulse' (breedbandig, hoogenergetische) wapensystemen. Via het opwekken van een kortstondige hoog energetische electromagnetische puls, kunnen elektronische componenten totaal ontregeld worden. Indien een dergelijke puls in de buurt van het vliegtuig tot stand wordt gebracht, is de kans groot dat het vliegtuig geheel onbestuurbaar wordt, aangezien de elektronica een steeds belangrijker rol gaat spelen in de besturing van het vliegtuig.

In dit verband dienen ook laserwapens of andere hoogvermogen 'belichters' te worden genoemd die bijvoorbeeld essentiële sensoren van het vliegtuig kunnen verblinden, dan wel de piloot zelf. Daarbij behoren 'dazzling', verblinding en permanente beschadiging tot de reële mogelijkheden.

## 6 Overige factoren

Bij alle tot nu toe genoemde potentiële dreigingen, is het van belang dat de piloot tijdig beseft dat het vliegtuig wordt bedreigd en hier adequaat op reageert. De rol van de piloot veandert meer en meer van 'vlieger' naar die van 'operator' of 'manager' om de aangeboden informatie in korte tijd op zijn waarde in te schatten en hierop te reageren. Het aspect 'situational awareness' en de daaropvolgende te verrichten acties vormen een grote werklast voor de piloot. Dit onderdeel mag zeker niet worden verwaarloosd wanneer de te nemen maatregelen tegen de diverse dreigingen nader worden onderzocht.

Een dreiging van een geheel andere aard kan zich voordoen indien het vliegtuig besmet raakt ten gevolge van een aanval met NBC-wapens. Een dergelijke besmetting vermindert de inzetbaarheid van het vliegtuig drastisch omdat de 'turn-around'-tijd en de 'damage-repair'-tijd aanzienlijk toenemen. Ter vermindering van de effecten van deze dreiging is het van groot belang om een goede 'servicability' en een goede 'repairability' van het vliegtuig onder condities van een N-, B-, of C-besmetting te verifiëren. Bovendien moet worden nagegaan of ontsmetting van de eerdergenoemde, nieuwe materialen mogelijk is. De toepassing van dergelijke nieuwe materialen maakt het wellicht noodzakelijk dat naar andere ontsmettingstechnologieën moet worden gezocht dan de thans gebruikte die voor metalen vliegtuigconstructies worden toegepast.

## 7 Conclusies

Samenvattend kan worden gezegd dat ontwikkelingen op de volgende gebieden een dreiging kunnen vormen voor de toekomstige generatie jachtvliegtuigen, met tussen haakjes vermeld welk TNO-instituut bij uitstek kennis heeft om deze vorm van dreiging nader te analyseren:

### **'Don't get detected':**

- 'bistatic radars' TNO Fysisch en Electronisch Laboratorium (TNO-FEL);
- 'Ultra-Wideband' radars (TNO-FEL);
- metergolfsensoren (TNO-FEL);
- ultraviolet sensoren (TNO-FEL);
- observatie vanuit de lucht of de ruimte (TNO-FEL).

### **'Don't get attacked':**

- nieuwe tegenmaatregelen tegen decoys (TNO-FEL);
- sneller vliegende wapensystemen (TNO-PML);
- grotere dracht van nieuwe wapensystemen (TNO-PML).

### **'Don't get hit':**

- nieuwe tegenmaatregelen tegen decoys (TNO-FEL);
- hogere manoeuvreerbaarheid van vliegende wapensystemen.

### **'Don't get killed':**

- onzekerheid omtrent voldoende ballistische bescherming van nieuwe materialen (TNO-PML);
- onzekerheid over reststerkte van composiet constructies na beschadiging (TNO-PML);
- richtbare oorlogsladingen (in combinatie met slimme sensoren/buizen) (TNO-PML/TNO-FEL);
- High Power 'Microwave' wapens (TNO-PML/TNO-FEL);
- laserwapens (TNO-PML/TNO-FEL)

### **Overige factoren:**

- werklast van de piloot TNO Technische Menskunde (TNO-TM);
- onzekerheid omtrent toe te passen ontsmettingstechnologiën bij vliegtuigen met nieuwe materialen (TNO-PML).

In het geval dat bovenstaande dreigingen nader worden onderzocht, is het van belang om een evenwichtige balans te vinden tussen de verschillende dreigingsniveau's. Indien het onderzoek zich éézijdig richt op het aspect 'Low Observability', bestaat het gevaar dat indien het vliegtuig toch wordt getroffen, het zeer weinig overlevingskansen heeft. De Joint Technical Coordinating Group/Aircraft Survivability in de V.S. verwoordde het aldus:

*'.....You do not want to get hit; however, you also need to avoid the 'cheap kill' if you are hit. This balanced design results in the best overall survivability.....'*

De zogenaamde 'Life Fire Tests' op het F-22 vliegtuig dat momenteel in de Verenigde Staten wordt ontwikkeld, hebben bijvoorbeeld aangetoond dat een aantal constructiedelen dat oorspronkelijk uit composietmaterialen bestond, vervangen diende te worden door titaniumlegeringen, omdat de reststerkte van de composietconstructie ten gevolge van treffers dusdanig werd verzwakt, dat het vliegtuig geen overlevingskans meer had. Eén van de aanbevelingen uit het rapport over de 'Life Fire Tests' luidt dan ook:

*'Focus on ways to understand fully the response of F-22 composite materials to ballistic damage, and develop and exercise analysis tools that can handle large-scale damage effects'.*

Een ander aspect dat bij een nadere evaluatie van de dreiging dient te worden beschouwd is het mee te voeren wapenpakket van het eigen vliegtuig. Indien de prestaties van de eigen wapens niet minstens het niveau van die van de tegenstander hebben, wordt de dreiging alleen maar groter. Voorbeelden in deze zijn de AA-11 en AA-12 lucht/lucht-missiles van Russische makelij die zowel in dracht, als in wendbaarheid de westerse lucht/lucht-missiles de baas zijn. Hierdoor is de dreiging die van deze wapens tijdens een lucht/lucht-gevecht uitgaat een stuk groter geworden dan wanneer deze missiles dezelfde prestaties zouden hebben als bijvoorbeeld de Sidewinder of de AMRAAM. Ook de ontwikkeling van grond/lucht-wapens vertoont een trend van steeds grotere dracht, zodat bij lucht/grond-operaties de 'stand-off' wapens een dusdanige dracht moeten bezitten dat het vliegtuig van waaruit deze wapens worden gelanceerd buiten bereik van de vijandelijke grond/lucht-wapens blijft.



## 8 Geraadpleegde literatuur

Stonier, R.A.,  
'Stealth Aircraft & Technology from World War II to the Gulf,'  
SAMPE Journal, Vol 27. No. 4, July/Augustus 1991 (Pt. I),  
SAMPE Journal, Vol. 27. No. 5, September/October 1991 (Pt. II).

Fulghum, D.A.,  
'Pentagon pushes air-to-air upgrades',  
Aviation Week & Space Technology/July 19, 1993.

'Life Fire Testing of the F-22',  
National Research Council,  
National Academy Press, Washington, D.C., 1995.

'Subsystem Integration for Tactical Missiles (SITM) and Design and Operation of  
Unmanned Air Vehicles (DOUAV)',  
AGARD-CP-591,  
November 1996.

Fulghum, D.A.,  
'Tailless Designs Touted for New Combat Aircraft',  
Aviation Week & Space Technology/November 11, 1996.

Fulghum, D.A.,  
'High-G Flying Wings Seen for Unmanned Combat',  
Aviation Week & Space Technology/November 11, 1996.

Dornheim, M.A.,  
'Designers Try to Replace the Venerable Rudder',  
Aviation Week & Space Technology/November 11, 1996.

Sweetman, B.,  
'The progress of the F-22 fighter program',  
International Defense Review Quarterly Report Number 1/1997.

Proctor, P.,  
'Boeing Grapples with Parts Delays',  
Aviation Week & Space Technology/January 6, 1997.

Proctor, P.,  
'F-22 Displays Focus on Situational Awareness',  
Aviation Week & Space Technology/January 6, 1997.

'Aerospace 2020, Volumes II & III',  
AGARD-AR-360,  
September 1997.

Fulghum, D.A.,  
'New Decoys May Simulate Stealth Aircraft Types',  
Aviation Week & Space Technology/October 27, 1997.

Klass, Ph. J.,  
'Market Expanding Briskly for Missile Warning Systems',  
Aviation Week & Space Technology/October 27, 1997.

'Survivability',  
Aerospace America,  
December 1997.

'F-22 Aircraft: Progress in Achieving Engineering and Manufacturing Development Goals',  
United States General Accounting Office, GAO/NSIAD-98-67,  
March 1998.

'Aircraft Survivability',  
Published by the Joint Technical Coordinating Group/Aircraft Survivability  
Spring 1998.

## 9 Ondertekening

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P.W. Doup', written over a horizontal line.

Ir. P.W. Doup  
Auteur/Projectleider

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Z.C. Verheij', written over a horizontal line.

Ir. Z.C. Verheij  
Groepshoofd

**REPORT DOCUMENTATION PAGE  
(MOD-NL)**

|   |   |   |
|---|---|---|
| 1. DEFENCE REPORT NO. (MOD-NL)<br>TD98-0382   | 2. RECIPIENT'S ACCESSION NO.<br>                            | 3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO.<br>PML 1998-B115          |
| 4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO.<br>01410493   | 5. CONTRACT NO.<br>B98KLu479                                | 6. REPORT DATE<br>February 1999                                 |
| 7. NUMBER OF PAGES<br>18 (excl. RDP & distribution list)  | 8. NUMBER OF REFERENCES<br>16                               | 9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED<br>Final                    |
| 10. TITLE AND SUBTITLE<br>Threat analyses successor f16 aircraft, phase 1: threat inventory<br>(Dreigingsanalyse opvolger F-16, fase 1: dreigingsinventarisatie)  |   |   |
| 11. AUTHOR(S)<br>P.W. Doup  |   |   |
| 12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)<br>TNO Prins Maurits Laboratory, P.O. Box 45, 2280 AA Rijswijk, The Netherlands<br>Lange Kleiweg 137, Rijswijk, The Netherlands   |   |   |
| 13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)<br>DOPKLu/AJO/H SOB, P.O. Box 20703, 2500 ES The Hague, The Netherlands   |   |   |
| 14. SUPPLEMENTARY NOTES<br>The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified.   |   |   |
| 15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE))<br>The successor of the F-16 fighter aircraft will feature strong reduced signature for hostile weaponsystems by use of low Observable techniques. However, this does not mean that the aircraft will not be vulnerable anymore. There always will remain possibilities to detect the aircraft, and consequently to attack, to hit and to kill the aircraft. This report gives a overview, based on a literature survey and opinions from experts, on future threats which may endanger the survivability of the aircraft. The threats themselves are not further analysed in this report. |   |   |
| 16. DESCRIPTORS<br>Aircraft detection<br>Fighter aircraft<br>Inventories<br>Survival<br>Threat evaluation<br>Weapon systems   |   |   |
| 17a. SECURITY CLASSIFICATION<br>(OF REPORT)<br>Ongerubriceerd   | 17b. SECURITY CLASSIFICATION<br>(OF PAGE)<br>Ongerubriceerd | 17c. SECURITY CLASSIFICATION<br>(OF ABSTRACT)<br>Ongerubriceerd |
| 18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT<br>Unlimited Distribution   |   | 17d. SECURITY CLASSIFICATION<br>(OF TITLES)<br>Ongerubriceerd   |

### Distributielijst\*

- 1 DWO
- 2\* HWO-KL
- 3 HWO-KLu
- 4\* HWO-KM
- 5\* HWO-CO
- 6 DOPKLu/AJO/HSOB  
Lkol H. Koolstra
- 7 TNO-FEL  
Ir. R. van Nieuwland
- 8 DM&P TNO-DO
- 9\*/10 DM&P, TNO-DO, accountcoördinator KLu
- 11\* TNO-FEL, Bibliotheek
- 12/14 Bibliotheek KMA
- 15\* Lid Instituuts Advies Raad PML  
Prof. Ir. J.A. Schot
- 16\* Lid Instituuts Advies Raad PML  
Prof. ir. K.F. Wakker
- 17\* Lid Instituuts Advies Raad PML  
BGen. Prof. J.M.J. Bosch
- 18\* Lid Instituuts Advies Raad PML  
Ir. A.H.P.M. Schaeken
- 19 TNO-PML, Directie; daarna reserve
- 20 TNO-PML, Hoofd Divisie Wapens en Wapenplatformen  
Dr. D.W. Hoffmans
- 21 TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen,  
Hoofd groep Platformtechnologie  
Dr. ir. M.P.I. Manders
- 22 TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen  
Hoofd groep Munitie-uitwerking en Ballistische Bescherming  
Dr. H.J. Reitsma
- 23/24\* TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen  
Hoofd Groep Wapeneffectiviteit  
Ir. Z.C. Verheij
- 25/26 TNO-PML, Divisie Wapens en Wapenplatformen, Groep Wapeneffectiviteit  
Ir. P.W. Doup en Ir. J.J.M. Paulissen

---

\* De met een asterisk (\*) gemerkte instanties/personen ontvangen uitsluitend de titelpagina, het managementuittreksel, de documentatiepagina en de distributielijst van het rapport.

- 27 TNO-PML, Divisie Toxische Stoffen,  
Groep Huidbescherming en Risico-analyse  
Drs. A.R.T. Hin
- 28 TNO-PML, Divisie Munitietechnologie en Explosieveiligheid,  
Groep Rakettechnologie  
Ir. R.F. Calzone
- 29 TNO-PML, Divisie Munitietechnologie en Explosieveiligheid,  
Groep Eigenschappen Energetische Materialen  
Dr. A.C. van der Steen
- 30 TNO-PML, Documentatie
- 31 TNO-PML, Archief